

# **A Kárpát-medence szárazföldi ökoszisztémáinak változása az elmúlt 15 millió évben, a gerinces faunák alapján**

OTKA F 038041 kutatás

## **SZAKMAI ZÁRÓJELENTÉS**

2002-2005

Témavezető: Mészáros Lukács

### **Célkitűzések és módszerek**

A kutatások során a Kárpát-medence földtörténeti múltjából két fontos ökológiai átalakulást kívántunk megvizsgálni. Az első a középső-felső miocénben zajlott és a makroklimatikus és orogenetikus tényezők hatására megváltozott regionális éghajlaton az ökoszisztémák teljes átalakulását eredményezte. A másik a felső pleisztocén utolsó hideg periódusában, a Bükk hegységben jelentkezett, amikor az éghajlat és a domborzat hatására bizonyos területeken jellegzetes alpi típusú ökotópok alakultak ki.

A vizsgálatok során elsősorban a hagyományos fauna-összetétel elemzést alkalmaztuk, de emellett új módszereket is bevezettünk. A rovarrevők mozgási szervrendszerének morfológiai vizsgálatát nemzetközi szinten is elsőként, a projekt részeként dolgoztuk ki. Magyarországon elsőként alkalmaztuk a barlangi üledékek maradványainak kvantitatív tafonómiai vizsgálatát.

A kutatás ezen kívül külföldön már használt, de a hazai gyakorlatban új módszerek bevezetését is jelentette a Vertebrata paleontológiába. Mivel a munka az ELTE Őslénytani Tanszékén zajlott, háttérrel képezett az egyetemi oktatás számára is. Módszerei és eredményei gyakorlati módon bemutatásra kerültek az „Ősállattan gyakorlatok”, a „Paleovertebrata anatómia” és az „Újabb módszerek a Vertebrata paleontológiában” című tárgyak keretein belül.

### **A miocén ökoszisztémák vizsgálata**

#### **A középső miocén faunák**

Az újonnan feltárt középső miocén faunákból (Sámsonháza és Tasád) az emlősanyag feldolgozását Dr. Hír Jánossal közösen végeztük. Ezek a maradványok enyhe, nedves klímára és szubtrópusi erdőségek jelenlétére utalnak a Kárpát-medencében.

A középső miocén vizsgálatok legfontosabb eredményének az új *Crusafontina* cickánycsoport leírását tekintjük a várpalotai lelőhelyről. Ennek a fajnak kivételes ökológiai jelentősége van a kevésbé ismert preferenciájú középső miocén faunákban, mert speciális táplálkozású mai rokonfaja (*Anourosorex squamipes*) kizárólag szubtrópusi hegyi erdőkben él. A felfedezett új faj a Kárpát-medencében később igen nagy jelentőségű, fajgazdag Anourosoricini cickánycsoport legősibb ismert képviselője. Az újonnan felfedezett forma megerősíti azt a korábbi feltételezésünket, mely szerint az Anourosoricini csoport evolúciós centruma a miocén kori Kárpát-medencében volt. A faj mérete és morfológiai bélyegei arra utalnak, hogy valóban erre a formára vezethető vissza a tribus fejlődéstörténete. A *Cusafontinák* folyamatos jelenléte alapján egyúttal az is bizonyítást nyert, hogy a Kárpát-medencében a középső és felső miocén során végig előfordultak zárt, erdős vegetációk.

## A felső miocén rovarrevők mozgási szervrendszerének morfometriai vizsgálata

A felső miocén szárazföldi paleoökoszisztémák vizsgálatára új módszerként dolgoztuk ki rovarrevők mozgási szervrendszerének morfometriai vizsgálatát. Ehhez első lépésben az igen gazdag anyagot szolgáltató Polgárdi 4. és 5. sz. lelőhelyeken nagy mennyiségben előforduló *Amblycoptus oligodon*, *Crusafontina kormosi* és *Kordosia topali* fajok végtagcsontjai nyújtottak lehetőséget. A csontokon jellegzetes mérési pontokat dolgoztunk ki, majd a felvett méreteket három, eltérő ökotópban élő recens forma (*Crocidura leucodon*, *Sorex araneus* és *Neomys fodiens*) hasonló adataival hasonlítottuk össze. Az életmód kimutatására a humerus és a femur bizonyult leginkább alkalmasnak. A humeruson 7, a femuron 6 távolságadat került felvételre. A közel ezer mérés eredményei arra utalnak, hogy a három vizsgált fosszilis faj mindegyike átmeneti jelleget mutat az említett recens fajok által képviselt ökológiai típusok (vízi, erdei, nyílt füves társulás) között.

Vizsgálataink taxonómiai eredményének tekintjük, hogy azonosítottuk a három említett fosszilis faj végtagcsontjait, így ezek a nagy jelentőségű indikátorfajok a továbbiakban nemcsak fogak, vagy koponyák alapján lesznek azonosíthatók a kevésbé gazdag, vagy gyengébb megtartású faunákból.

Ezek után a Polgárdi lelőhelyeken előforduló egyéb cickányfajok (*Blarinella dubia*, *Zelceina soriculoides*, *Episoriculus gibberodon*, *Paenelimnoecus reppeningi*) vizsgálatára is sor került. Itt problémát jelentet, hogy a hasonló méretű csontok faj szintű elkülönítése (a *Blarinella dubia*t kivéve) igen nehéz. Ezért a továbbiakban csak a típusok elkülönítésére hagyatkoztunk. Itt átmeneti forma nem fordult elő, de a végtagcsontok a nyílt és a nedves-erdei vegetáció kedvelőit egyaránt jelezték a cickányfaunában.

A rovarrevők végtagcsontjainak morfometriai analíziséből tehát kiderült, hogy a fosszilis fajok a mozgási szervrendszer tekintetében egyaránt mutatják a „vízi”- és a „szárazföldi” ökológiai típusok jellegzetességeit. Ennek alapján vagy a nedves és száraz környezetek átmeneti sávjában éltek, vagy olyan területen, ahol az élőhely mozaikossága igen kis léptékű volt.

Mivel a „Polgárdi típusú faunák” a Kárpát-medence felső miocénjében számos lelőhelyről előkerültek, feltételeztük, hogy mindegyik esetben hasonló ökotópot jeleznek. A paleogeográfiai háttér ismeretében feltételezhető, hogy ezek az ökotópok a Pannon-tó, vagy az abba ömlő folyók partvonalai mentén alakultak ki. Elképzelhető, hogy az Anourosoricini formák nem alkalmazkodtak szélsőségesen sem a vízi, sem a száraz környezethez, de mindkét közegben megfelelően mozogtak. Mellettük megjelennek a füves környezethez és a nedves talajú erdőfoltokhoz alkalmazkodott fajok is.

## A felső miocén rovarrevők fogmorfológiai vizsgálata

Egyes Insectivorák (Anourosoricini tribus) fogmorfológiája sajátosan átalakult. A korai fogazat (*Crusafontina* genus) még emlékeztet az általános cickány-alaptípusra, amely ízeltlábúak és férgek elfogyasztására alkalmas. Az egyik evolúciós ágon (*Kordosia* genus) a fogak később megerősödtek, szerkezetük átalakult, hasonlóvá vált a mai „csigaevő cickányok” fogaihoz. A másik csoportnál (*Amblycoptus* genus) a fogképlet erősen redukálódott, egyes fogak alakja a ragadozók, illetve a dögevők fogaihoz vált hasonlóvá. A két forma több lelőhelyen is előfordul együtt. Ezeknek a forradalmi adaptív evolúciós változásoknak a színtere a Kárpát-medence volt. Ugyanerre az időre tehető, hogy újabb, tipikusan „rovarrevő” fogazatú állatok (*Asoriculus*, *Blarinella*, *Paenelimnoecus*, *Zelceina* genus) jelennek meg a területen.

A fogmorfológiai vizsgálatokat szerettük volna fogzománc mikro-koptatottság elemzéssel is kiegészíteni, hogy a táplálék preferenciát egyértelműen megállapíthassuk. A tafonómiai vizsgálatok azonban kiderítették, hogy az adott speciális felhalmozódási viszonyok (természetes

csapdák) miatt a fosszilizálódott példányok döntő többsége igen fiatal állat volt. Így a koptatottság nem mutatott jellegzetes SEM képet.

### A felső miocén ökoszisztéma-változások

Az adatokból arra következtethetünk, hogy mintegy 11 millió éve a Kárpát-medencében megjelentek olyan ökotópok, amelyekben a nyílt, füves vegetáció mellett kisebb foltok, vagy sávok formájában zártabb növénytakaró alakult ki, nyílt víztükrök jelenlétével. A füves és az erdős-bokros területek, de maga a víz is gazdag táplálékforrást nyújtott az Insectivorák számára, amelyek az ismert rovarevő ökológiai szerepen kívül új niche-eket is betölthettek. Az Insectivora társulás alapvető jellegének megmaradása mellett a diverzitás-fokozódás arról tanúskodik, hogy a klíma és a növényzet hosszú időt tekintve stabil volt, az ökoszisztéma egyre sokrétűbbé vált.

Ezt a kettősséget (a füves és a zárt vegetáció meglétét) a makrofauna összetételében is számos tény bizonyítja. Az általunk vizsgált lelőhelyeken például együtt vannak jelen az antilop- és a szarvasfélék, bár utóbbiak általában dominálnak. A lőfélék legtöbbször megjelennek, de Kordos László és Ray Bernor az ekkor élt Hipparionok mozgási szervrendszerét vizsgálva nem mutattak ki kizárólagosan füves ökoszisztémákat.

Az éghajlati változás a rudabányai lelőhelyen mutatható ki először (MN 9 Zóna, 11 millió éve), a legmagasabb diverzitás a polgárdi faunában (MN 13 Zóna, 6 millió éve) mérhető. A fajösszetétel alapján az említett ökotópok Alsótelekes, Egyházasdengeleg, Gyepüfüzes, Sümeg, Csákvár, Tihany és Tardosbánya lelőhelyeken mutatható ki.

### A pleisztocén ökotópok vizsgálata

#### A bükki barlangok tafonómiája

**A Vaskapu- és a Lök-völgyi-barlang** a Bükk-hegységben, egymástól 1 kilométer távolságban helyezkedik el, közöttük a szintkülönbség 38 méter. Faunáik a felső-pleisztocén különböző szintjeit képviselik (Vaskapu-barlang kb. 12000 év, Lök-völgyi-barlang kb. 120 000 év B.P.)

A Vaskapu-barlang melletti sziklafal fosszilis faunájának taxonómiai-paleoökológiai feldolgozása a jelen kutatás részét képezte. Ezért tafonómiai munkánk célja elsősorban az volt, hogy rekonstruáljuk a vaskapui maradványok felhalmozódási körülményeit és megállapítsuk, hogy a lelőhelyen található együttes milyen mértékben és léptékben tükrözi a korabeli ökoszisztéma fajösszetételét. Ezzel párhuzamosan kontrollként végeztük a Lök-völgyi-barlang tafonómiai felmérését is. A két eltérő lelőhely maradványainak összevetése nagyban segítette munkánkat.

Magyarországon Rudabánya 2-es lelőhelyen végeztek először részletes kvantitatív tafonómiai elemzést. Barlangi üledékek hasonló vizsgálata azonban hazánkban elsőként került alkalmazásra a jelen kutatásban. Munkánk során számos módszer részleteit önállóan kellett kidolgoznunk.

A tafonómiai vizsgálatokhoz külön gyűjtőmunkát végeztünk, melynek során a két barlangból összesen több, mint 3000 csontot nyertünk.

A felhalmozódási folyamat menetét **a következő módszerekkel próbáltuk rekonstruálni:**

Egy adott csontvázelem relatív gyakorisága a megtalált és az elvárható elemszám segítségével. Egy adott csöves csont százalékos törésgyakorisága az ép csontok, a proximális töredékek és a disztális töredékek számának felhasználásával. A maxilla és a mandibula megtartási indexe a megtalált és a hiányzó molaris-alveolusok számának összevetésével. A rossz megtartás, a nagy

törésgyakoriság, a nagymértékű degradáció, a különálló fogak nagy száma állati taposásra, áthalmozódásra, vagy víz általi szállításra utal.

A koponyaelemek és a csöves csontok töréseit a törésszögek és törési mintázatok szerint osztályoztuk. A csontok töréseinek kategóriák szerinti vizsgálata fontos információkat nyújthat a felhalmozódás körülményeiről (ragadozók tevékenysége, stb.)

Statisztikai módszer segítségével bizonyítható a szűrődés ténye is. A fosszilis anyagban lévő csöves csontok méretbeli eloszlását összevetettük egy elméleti méreteloszlással, amit a recens pocokfajok csöves csontjainak hosszúságadatai segítségével hoztuk létre. A bizonyítás illeszkedéspróbával történt.

A csöves csontokon a barlangi korrózió mértékét és gyakoriságát, valamint minőségét (gödrök, lyukak, repedések, lemezes lepattogzások) is figyelembe vettük. Ezenket a vizes barlangi környezet kémhatása okozza (oldás, roncsolódás, szerkezeti átalakulás, ásványkiválás). A csontokon, dentinen és fogzománcban található oldást a vizes környezet kémhatásán kívül állati emésztés is létrehozhatja. A modifikációk egy részét laboratóriumi körülmények között is rekonstruáltuk. A kísérleteket a recens bagolyköpetekből származó csontokon végeztük, amelyeket különféle kémhatásoknak vetettük alá.

A mintákat röntgenpordiffrakciós és optikai emissziós színképelemző vizsgálatoknak vetettük alá, hogy a fosszilizáció módját kimutassuk. A barlangi korróziós csontok elfeketedésének okát spektroszkópos vizsgálattal tártuk fel, melynek során jelentős mangán-felhalmozódást mutattunk ki.

A **Lök-völgyi-barlang** maradványai nem szűrődtek át szűk karszt-járaton, csak vízszállítás hatására, méretük, alakjuk és sűrűségük szerint osztályozódtak. A nagyobb csontok felhalmozódását az adott lelőhelyen semmi nem akadályozta, csak a valószínűségét korlátozta a szállító tényező kapacitása. A csontok százalékos törésgyakorisága (a nagyarányú degradáció) is az ősmaradványok áthalmozódására, vízi szállítására utal. Szintén a víz általi elszállítódásra utalnak a fogkoronák lepattanásai és a csontokon a kollagén-rostok lefutásának irányában látható repedések, melyek általában száradás közben keletkeznek a csontokon. A barlangi korrózió mértéke jelentős. A hosszanti barázdák megjelenését valószínűleg szintén a csontfelszín leoldódása magyarázza, azonban előfordulnak a víz általi koptatás nyomai is. A mandibula és maxilla degradációja a denevérek esetén minimális. Ez érthető, hiszen ezek az élőlények közvetlenül a barlangból kerülnek az üledékbe, a szállítási folyamat nem érinti maradványaikat. A cickányok és pockok maradványai töredékesebbek, mert ezek elpusztulásuk után, kívülről szállítódtak a barlangba. Az izolált molarisok gyakoriságértékeit vizsgálva megfigyelhető, hogy a denevérek esetében a különálló fogak és az üres alveolusok száma a mintában megegyezik. Ez szintén arra utal, hogy ezek az élőlények helyben pusztultak el, és kerültek az üledékbe. A pockok esetében nagymennyiségű különálló fog halmozódott fel, melyek valószínűleg a szállítás során hullottak ki az alveolusokból. A molaris-vesztesség relatív gyakorisága is egybevág ezekkel az adatokkal. Az Arvicolidae csoport esetében a magas értékeket tovább erősíthette a baglyok zsákmányszerző tevékenysége is. Egyes pocok, valamint erdei egér állkapcsokon megfigyelhető a fognyak tájékán az alveolus peremének oldódása melyet leggyakrabban a gyomorsav hatása okoz. A cickányok nem tartoznak a baglyok zsákmányállatai közé, ezért ezeken a maradványokon ilyen modifikáció nem figyelhető meg. A koponyaelemek között közepesen és erősen roncsolódott maradványok találhatók. A törések valószínűleg a szállítás során keletkeztek, de egyes esetekben a koponyát ragadozó állat is roncsolhatta zsákmányszerzés közben.

A Lök-völgyi-barlang üledékének településformája a bejárat felől a barlang délnyugati folyosójának végéig enyhén lejtő. A benne felhalmozódott nagymennyiségű üledék a periglaciális területekre jellemző szoliflukcióval, talajfolyással jöhetett létre. A bejáratból előkerült nagyméretű mészkőtömbök az eredetileg zárt barlang mennyezetének felszín közeli részén, fagyhatásra történt beszakadására utalnak. A keletkezett nyíláson át az agyaggal keveredett, kifagyás termelte

lejtőtörmelék bejutott a barlangba. A nyaranta felolvadó törmelék nedvessége a barlangba behúzódó sárfolyás alján csorgott ki, és vízer formájában a barlang legmélyebb pontja (délnyugati irányú folyosó vége) felé haladt, a vízzáró agyagos törmelék felszínén. Útjában a mészkavicsokat oldotta, durva éleiket letompította és az elszivárgás helyén, a folyosó bal szárnyának végén rakta le.

Ezeknek a folyamatoknak a nyomát őrzik a barlangban megtalált ősmaradványok is. Láthatóak rajtuk a szállítás által okozott sérülések, a vízfolyás koptatási nyomai, valamint a hidraulikus osztályozás, de megfigyelhető az egykori barlangi élővilág egy kis része is (denevérek helyi felhalmozódása). A beágyazódott maradványok kapcsolatba kerültek az üledékkel és a barlangi környezettel, ennek jeleit szintén megfigyelhetjük a csontokon (például barlangi korrózió, lúgos környezet oldó hatása).

A **Vaskapu** 7-es lelőhelyen, amely egy viszonylag mély üreg, magasan a sziklafalon, a csontok széles mérettartományba esnek. A Vaskapu 2-es lelőhelynek nevezett, a talajszinten elhelyezkedő repedésben az erős osztályozottság a filtrációval magyarázható. A szűrő tényező ebben az esetben maga a sziklarepedés szélessége. A nagymértékű degradáció ebben is az áthalmozódásra vezethető vissza.

A barlangi korrózió kis mértékű, a két lelőhely közötti százalékos különbség elhanyagolható. A barlangi környezetben uralkodó kémiai állapotok hatására a csontokon kis gödrök és hosszanti barázdák jelenhetnek meg. A hosszú időn át fennálló, vagy erősen lúgos környezeti hatásra a kisméretű gödrök nagyokká olvadhatnak össze (ez a Vaskapu 2-esre jellemzőbb). A hosszanti barázdák egy részét vízkoptatás is okozhatta. A mandibula és maxilla degradációja mindkét lelőhelyen kis mértékű.

Az izolált molarisok száma mindkét lelőhelyen a pockok esetében kiugróan magas. Ez anatómiai sajátosságokra és a ragadozótevékenységre vezethető vissza. A baglyok nem zsákmányolnak cickányokat és denevéreket, míg a pockok gyakori áldozatnak számítanak. A gyomorsav oldó hatása elsősorban a fognyak tájékán és a dentinen érvényesül, tehát növeli a fog utólagos kihullásának valószínűségét. A molaris-vesztesség relatív gyakoriságának értékei is hasonló következtetésekre vezetnek. A koponyaelemek erősen roncsolódtak, a törések elsősorban a szállítási és szűrési folyamat során keletkezettek.

Az üregek üledékeit valószínűleg a Vaskaput kialakító és később azt elárasztó patak rakta le. A lelet-együttes a felső würmre jellemző faunát tartalmaz, mely a legutolsó eljegesedés visszahúzódásának időszaka. Az akkori esőzések és a tavaszi olvadás során a repedésekbe becsúszott az átnedvesedett lejtőtörmelék és a patak által lerakott üledék. A maradványok idővel egyre mélyebbre jutottak, miközben időnként az elágazó repedések a függőleges sziklafal külső részére vezették az anyag egy részét. A keskenyebb szakaszokon a nagyobb méretű ősmaradványok fennakadtak, vagy eltörtek és a kisméretű csontokkal együtt továbbhaladtak. Ilyen szűrők lehetnek a Vaskapu 7-es lelőhely felett és alatt is. A szűrők felett a filtráció mérettartománya fölé eső csontok felhalmozódtak. Valószínűleg a Vaskapu 7-es lelőhely felett megtalálható az eredeti pataklerakódást tükröző tafocönózis megmaradt része is. A sziklaüregek a repedéseken keresztül minden évben feltöltődnek a fentről érkező törmelékkel.

Mind a Vaskapu 7-es, mind a Vaskapu 2-es lelőhelyről előkerült fosszíliaak tehát nagymértékű szállításon estek át. Megfigyelhetőek a vízkoptatás nyomai, valamint a méretbeli osztályozottság is. A patak több kisebb ökotóp fajait halmozhatta egy területre a Vaskapu-barlang környezetéből. A maradványok tehát nem tükrözik egyetlen szűkebb terület ökológiáját, viszont alkalmasak a tágabb környezeti viszonyok meghatározására, mert szelektív felhalmozódás (pl. bagoly-köpetek közvetlen akkumulációja) nem torzíja el a fajösszetételt. A filtráció ugyan megakadályozta a nagyméretű maradványok felhalmozódását, de ez kevésbé jelentős a 7. sz. lelőhelyen, ezen kívül

a faunában elsősorban a kisemlősöket határoztuk meg, amelyek egyenletes felhalmozódását a szűrés nem gátolta.

#### A Vaskapu 5. lelőhely kora és ökológiája

A „Vaskapu-barlang” melletti sziklafal repedései közül a 2., 5. és 7. számmal jelöltek üledékei szolgáltatottak ősmaradványokat.

A vaskapui lelőhelyek közül csak az 5. számú fauna feldolgozása zárult le teljesen. Ennek autochton üledékét ugyanis maradéktalanul sikerült kitermelni, míg a 2. sz. hasadékon át folyamatosan mosódik ki a szikla belsejéből a karsztos üregek tartalma és a 7. sz. üreg is folyamatosan újra töltődik az áthalmazás miatt.

Az 5. sz. üreg gerinces faunája (1 béka-, 1 madár-, 1 denevér-, 1 vakond-, 1 cickány-, 2 pocok-, 1 egérfaj) a lelőhelyek közül a legszegényesebbnek mondható. A meghatározott fajok (*Apodemus sylvaticus*, *Myodes glareolus*, *Neomys fodiens*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Talpa europaea*) holocén felhalmozódásra utalnak, és erdős vegetációt jeleznek. A lelőhely környezetében a felhalmozódás idején valószínűleg tiszta, felszíni vízfolyás is előfordult.

A sziklafalon az 5. sz. volt az egyetlen lelőhely, amely értékelhető puhatestű faunát is szolgáltatott. Az anyagból 9 csiga-nemet sikerült elkülöníteni, közülük öt (*Goniodiscus perspectivus*, *Euconulus trochiformis*, *Oxychilus cellarium austriacum*, *Vertigo angustior*, *Laciniaria cana*) volt fajra is biztosan meghatározható. Ezek a csigák ma hűvös, nedves hegyvidéki erdőkben, kövek között, avar alatt, élő vagy korhadt fákon fordulnak elő.

#### A Vaskapu 2. és 7. lelőhelyek kora és ökológiája

A 2. és 6. lelőhelyek faunája egykorúnak ökológiai szempontból hasonlóknak tűnik. A rendkívül gazdag (több ezer példányt számláló) anyagban számos kétéltű-, hüllő-, madár- és emlősfaj található. Feltűnő a sok pocokmaradvány és általánosságban elmondható, hogy bár jelentős a nyúlalakúak, denevérek és a rovarévők előfordulása is, az emlősfauzában a rágcsálók dominálnak. Az állatközösség leginkább a felső Würm együttesekkel (elsősorban a Bivak-barlang és a Pilisszántói-kőfülke maradványai) mutat rokonságot, és a felső pleisztocénnek ahhoz a szakaszához kapcsolódik, amelyet az utolsó komoly lehűlés jellemez (pilisszántói szint). Ezt az időszakot ökológiai szempontból Vörös István finomabban is tagolta és második részét (16 000 – 12 000 év) bajóti fázisnak nevezte el. Erről megállapította, hogy bizonyos időszakaiban a júliusi középhőmérséklet alig emelkedett 12 °C fölé. A vaskapui faunát ehhez a periódushoz soroltuk. A biosztratigráfiai korreláció alapján, felhasználva Pazonyi Piroska <sup>14</sup>C izotópos adatait, a fauna kora a periódus végére (13 000 – 12 000 év) tehető.

A 2. és 6. lelőhelyekről az általános hidegtűrő fajokon kívül a *Capra ibex*, *Lepus timidus*, *Marmota marmota*, *Microtus nivalis*, és a *Sorex alpinus* maradványai is előkerültek. Ezek az állatok ma elsősorban a Kárpátokban és az Alpokban, 2-3000 m tengerszint fölötti magasságban, jóval a zárt fenyőerdők zónája fölött fordulnak elő. Ugyanakkor a fauna erdei elemeket is tartalmaz.

Feltételezhető, hogy egy, a 13-12 ezer éve bekövetkezett lehűlés hatására a középhegységi magasságú Bükk vegetációja a mai magashegységekéhez vált hasonlóvá. A mai sarkvidéki jégtakaróhoz közelebb fekvő Skandináv-hegységhez hasonlóan a hegyvidéki növényzeti övek lejjebb helyezkedtek el, mint ma az Alpokban és a Kárpátokban. Vörös István előbb említett adatai alátámasztják ezt a feltételezést, hiszen Skandinávia azon területein, ahol a júliusi középhőmérséklet ma 10-15 °C, a túlevelű erdők zónájának felső

határa valóban 500 és 1000 m között van. Mindez a Bükk-hegységben az „alpesi” fauna bevándorlását vonta maga után. A vaskapui együttes a tafonómiai eredményeknél említett összehalmozódás miatt együtt tartalmazza ennek az ökoszisztémának mind a zárt fenyőerdei, mind az erdőhatár fölötti elemeit.

#### „Magashegységi”-tipusú ökoszisztémák a bükki felső pleisztocénben

A havasi cickány vaskapui előfordulása alapján elképzelhető volt, hogy más, hasonló korú magyarországi lelőhelyek anyagában is lehetnek olyan *Sorex alpinus* példányok, amelyeket az igen nagy morfológiai hasonlóság alapján a nálunk rendkívül gyakori erdei cickányként (*Sorex araneus*) határoztak meg, egyszerűen azért, mert a kutatók nem számítottak a havasi faj megjelenésére.

Ennek felderítésére 14, a szakirodalomban a pilisszántói szintbe sorolt lelőhely anyagát vizsgáltuk át a Magyar Természettudományi Múzeum Föld és Őslénytár, illetve a Országos Földtani Múzeum (MÁFI) gyűjteményében: Balla-barlang, Ballavölgyi-barlang, Bivak-barlang, Diósgyőr-Tapolcai-barlang, Gömböly-Tapolcai-barlang, Jankovich-barlang, Kiskevélyi-barlang, Peskő-barlang, Petényi-barlang, Pilisszántói I: kőfülke, Remete-barlang, Remetehegyi kőfülke, Szelim-barlang, Tarkői kőfülke. Ezek közül a Balla-barlang, a Bivak-barlang, a Peskő-barlang a Petényi barlang és a Pilisszántói kőfülke anyagában találtunk *Sorex* maradványokat. A taxonómiai revízió során a Balla-barlangból és a Petényi barlangból mutattuk ki nagy gyakorisággal a havasi cickányokat. A vaskapui előfordulással és Vértes László Peskő-barlangi adatával együtt, így négy lelőhelyről említhetjük a fajt. Ezek kizárólag a Bükk-hegységben, viszonylag kis területen (átmérője kevesebb, mint 8 km.) fordulnak elő. A vaskapui lelőhelyen először kimutatott, 13-12 000 évvel ezelőtti ökoszisztéma tehát valószínűleg erre a területre és csak egy időszakra korlátozódott. Az „alpesi-típusú” ökoszisztéma jelenlétére a *Sorex alpinus*on kívül a *Pyrrhocorax pyrrhocorax*, *Lepus timidus*, *Microtus nivalis*, *Rupicapra rupicapra* és a *Capra ibex* előfordulása utal.